

木星大気の雲対流の直接数値計算: 凝結成分存在度に対する雲の鉛直分布と流れ場の依存性

Numerical Modeling of Moist Convection in Jupiter's Atmosphere: the dependency on the abundances of condensible volatiles

杉山 耕一郎 [1]; 小高 正嗣 [1]; 中島 健介 [2]; 林 祥介 [1]

Ko-ichiro SUGIYAMA[1]; Masatsugu Odaka[1]; Kensuke Nakajima[2]; Yoshi-Yuki Hayashi[1]

[1] 北大・理・宇宙理学; [2] 九大・理院・地惑

[1] Department of CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [2] Dept. of Earth & Planetary Sci., Faculty of Sci., Kyushu Univ.

<http://www.gfd-dennou.org/arch/deepconv/>

木星表面の雲層の下を遠隔観測で調べることは困難なため、木星大気の平均的な大気構造は未だによくわかっていない問題である。我々は多数の雲の生成消滅が繰り返された結果として決まる木星大気の鉛直構造を調べるために、 H_2O と NH_3 の凝結と NH_4SH の生成反応を考慮した雲対流モデルを開発した (日本地球惑星科学連合 2006 年大会 M144-P016)。本研究では、開発した雲対流モデルを用いて、雲の鉛直分布と流れ場の凝結成分気体存在度に対する依存性を調べた。

モデル方程式として準圧縮系方程式 (Klemp and Wilhelmson, 1978) を用いる。雲微物理過程は Nakajima et al. (2000) で用いられた地球大気の暖かい雨のバルクパラメタリゼーションを用いて定式化した。計算領域は鉛直方向に 300 km (30 bar - 0.001 bar), 水平方向に 512 km とする。解像度は水平方向と鉛直方向共に 2 km とする。初期の鉛直温度構造は、下部境界から 200 km (0.1 bar) までは断熱的 (0.6 bar 面高度で 160 K) とし、その上部は温度一定とする。対流を加速するために現実の木星大気よりも強い熱的強制を与える。140 km (2 bar) から 200 km (0.1 bar) の間を 1 k/day で冷却する。各計算において、凝結成分気体の存在度は太陽組成の 0.1, 1, 5, 10 倍とする。

凝結成分気体を太陽組成と同じ (1 倍) 場合、 H_2O と NH_4SH の雲粒は NH_3 凝結高度の上まで移流され H_2O , NH_4SH , NH_3 から成る雲層が形成されることが示された。この特徴は凝結成分気体を太陽組成の 0.1 倍にした場合にも当てはまる。凝結成分気体の存在量を多くするにつれて対流は間欠的となる。対流が活発な時期の特徴は太陽組成の 1 倍の場合と同様である。対流が静穏な時期には NH_3 の雲層と NH_4SH と H_2O から成る雲層とが分離して存在することが示された。得られた雲分布の特徴は、平衡雲凝結モデルの結果を基にした従来の 3 層の雲分布の予想から大きく異なるものである。

雲対流に伴う流れ場は、凝結成分の存在度が太陽組成の 1 倍よりも大きい場合には、 H_2O 凝結高度を境に流れ場は上下に 2 分される傾向が見られるが、 NH_3 凝結高度と NH_4SH 生成高度は定常的な流れ場に対する境界とならない。その一方で凝結成分の存在度が太陽組成の 0.1 倍の時には H_2O 凝結高度を境に循環が上下に 2 分されなくなり、乾燥気塊が数十 bar 面高度まで下降する。これらの結果より、ガリレオプローブの観測した乾燥状態を説明するためには、木星大気中の凝結成分気体の存在度が十分小さいか、もしくは子午面循環で決まる大規模な運動場の影響を考慮する必要があることが示唆される。